

# **Zeolit Alam Sebagai Bahan Pencampur Pupuk Kandang: Kelebihan dan Kekurangannya**

**Lenny Marilyn Estiaty<sup>1</sup>, Dewi Fatimah<sup>1</sup>, Dadan Suherman<sup>1</sup>, dan Kamaludin Alamsyah<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Geoteknologi- LIPI,

<sup>2</sup> Mahasiswa Kimia- UNPAD

Jl. Cisetu 21/154D Sangkuriang, Bandung 40135 telp. 022-2507771-3

dewi.fatimah@geotek.lipi.go

## **ABSTRAK**

Telah dilakukan penelitian pembuatan pupuk kandang dengan memakai zeolit sebagai bahan pencampur untuk melihat kelebihan dan kekurangannya dari produk pupuk kandang tersebut. Penelitian dilakukan dengan berbagai variabel yaitu ukuran besar butir zeolit, konsentrasi zeolit dan waktu pemeraman. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ukuran besar butir zeolit –7 + 10 mesh dan –20 +48 mesh tidak begitu berpengaruh pada pupuk yang dihasilkan. Pupuk kandang yang dicampur zeolit sangat cepat kering. Hanya dalam pemeraman 2 minggu, kadar air dalam pupuk kandang telah mencapai sekitar 5-6%, sedangkan pada kontrol baru mencapai 70%. Selain itu kandungan kalium pupuk kandang yang dicampur zeolit lebih tinggi daripada kontrol yaitu sekitar 1.7-2%. Namun penambahan zeolit pada kotoran hewan mempercepat penguapan  $\text{NH}_3$ , sehingga unsur N lebih rendah. Dari hasil tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa zeolit tidak boleh ditambahkan pada kotoran hewan segar. Penambahan zeolit sebaiknya dilakukan pada saat pupuk akan dipergunakan sehingga dapat mengefisienkan pemakaian unsur hara.

**Kata Kunci:** Pupuk kandang, penguapan  $\text{NH}_3$ , efisiensi hara

## **ABSTRACT**

**NATURAL ZEOLITES AS MANURE ADDITIVE: THE ADVANTAGES AND DISADVANTAGES.** Research has been done to evaluate the addition of zeolite to manure fertilizer. This research is aimed to review the advantages and disadvantages of zeolites as manure fertilizer additive. Investigation is carried out by different variables: zeolite particle size, zeolite concentration and curing time. The results show that zeolite particle sizes of –7 +10 mesh and –20 +48 mesh did not significantly different. Zeolite – compost mixture can dry very fast, just in 2 weeks curing time the residual water content is only 5-6%, while that on the controlled compost (without zeolite) is still 70%. Higher zeolite concentration will speed up the compost drying process. On the other hand, zeolite addition will increase the potassium content by 1.7–2% but it also increases  $\text{NH}_3$  volatilization, which will result in a lower N content. Higher zeolite concentration will give lower N content in the compost. It can be concluded that zeolite addition is suggested not applied to the fresh compost but just before the compost will be used in order to increase the nutrition efficiency.

**Keywords:** Manure fertilizer, volatilization of  $\text{NH}_3$ , nutrition efficiency

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang dan Tujuan Penelitian**

Mineral zeolit merupakan mineral yang istimewa karena struktur kristalnya sangat unik sehingga mempunyai sifat sebagai

penyerap, penukar kation dan katalisator. Karena keistimewaan ini maka mineral ini dapat digunakan dalam berbagai bidang kegiatan yang luas seperti pertanian, peternakan dan industri. Mineral zeolit banyak terdapat di Indonesia, namun

pemanfaatannya sangat kurang. Untuk mendiversifikasi pemanfaatan mineral ini, dengan mempergunakan salah satu sifatnya yaitu sebagai penyerap dan penukar kation, diharapkan dapat menunjang kesulitan yang tengah kita hadapi.

Kondisi seperti ini antara lain disebabkan oleh industri nasional yang sangat tergantung pada bahan import, kurang mengandalkan sumberdaya alam yang ada di dalam negeri. Sebagai contoh di bidang pertanian kita bergantung pada pupuk kimia yang semakin lama harganya tidak terjangkau petani, sehingga mengakibatkan berkurangnya produksi pangan.

Untuk mengatasi hal tersebut salah satu cara adalah memakai pupuk kandang. Namun demikian pupuk kandang yang dihasilkan oleh rakyat masih rendah kualitasnya (miskin unsur hara NPK), padahal pupuk kandang selain harganya terjangkau juga tidak merusak lahan pertanian bila dibandingkan dengan pupuk kimia. Untuk mengatasi pupuk kandang yang miskin unsur hara ini ada dua alternatif yaitu mutunya ditingkatkan dan/atau mengefisienkan pemakaian unsur hara oleh tanaman. Dengan menggunakan zeolit diharapkan hal tersebut dapat tercapai.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari kondisi optimum proses pembuatan pupuk kandang yang bermutu dengan menggunakan zeolit.

Hipotesa kerja dari penelitian adalah:

1. Kotoran hewan terdiri dari padatan dan cairan.  
Urine :  $\text{NH}_4\text{OH} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  lepas ke udara. Diharapkan dengan adanya zeolit,  $\text{NH}_3$  dapat ditangkap, sehingga dapat menambah kadar nitrogen dalam pupuk.
2. Unsur nitrogen di dalam tanah, apabila ada air, dapat larut terbawa oleh air, dengan adanya zeolit, unsur nitrogen tersebut ditangkap oleh zeolit, pada

waktu tanaman membutuhkan unsur nitrogen diberikan kembali (*slow release agent*), sehingga pemakaian pupuk menjadi efisien.

Kegiatan penelitian dilakukan di laboratorium dan lapangan. Kegiatan lapangan yaitu pengambilan conto zeolit dari Cikancra, Tasikmalaya, Jawa Barat dan pengambilan kotoran sapi dari Cimahi.

## METODA PENELITIAN

### Bahan :

Zeolit Alam, kotoran sapi, bahan kimia untuk analisa major elemen, Kjeldahl dan KTK.

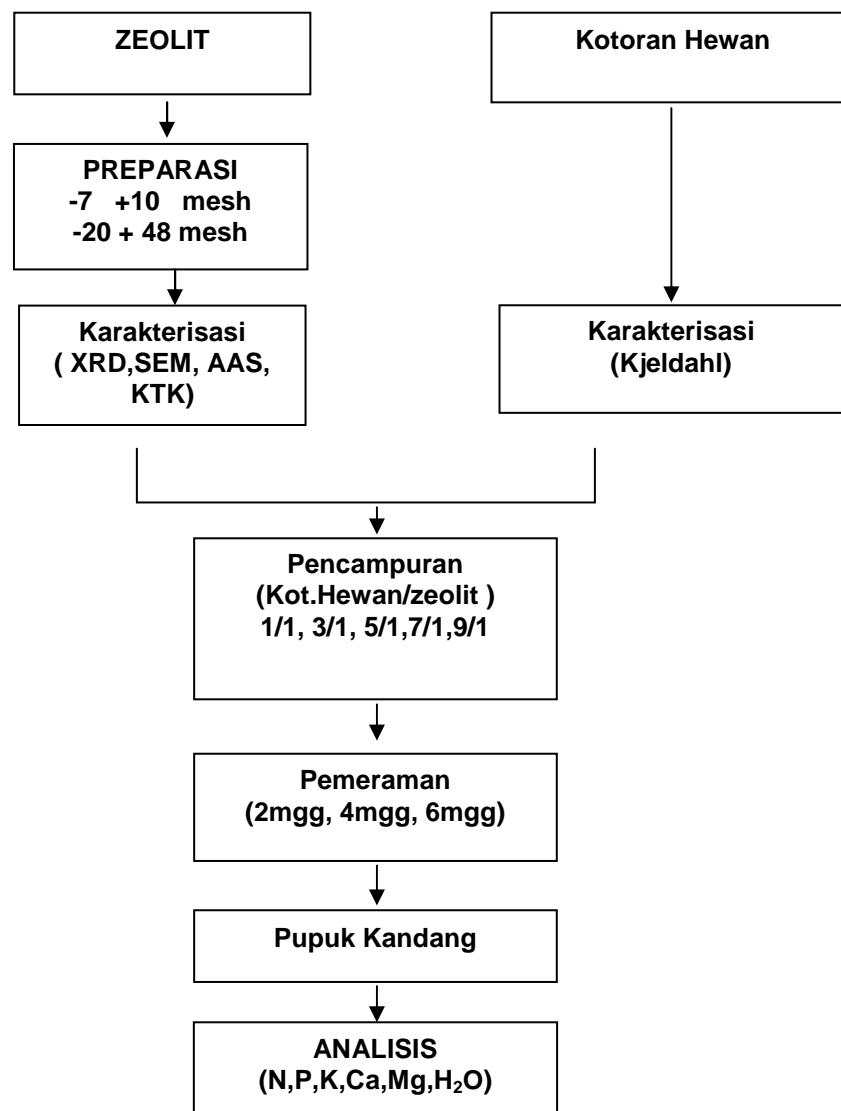
### Peralatan :

X-Ray Diffraksi, Scanning Electron Microscop, Atomic Absorption Spectrofotometer (AAS), UV Spectrofotometer, alat Kjeldahl dan KTK.

### Prosedur:

Zeolit alam dihancurkan dan digiling hingga ukuran  $-7 +10$  dan  $-20 +48$  mesh kemudian diaktifasi selama 3 jam pada suhu  $105^\circ\text{C}$ . Zeolit di analisis untuk komposisi kimia dengan AAS, struktur dan bentuk mineral dengan XRD dan SEM juga ditentukan kapasitas tukar kation.

Kotoran sapi dianalisis kadar nitrogennya dengan metode Kjeldahl. Pembuatan pupuk kandang dilakukan dengan mencampurkan zeolit dengan kotoran sapi menurut perbandingan antara kotoran sapi dan zeolit sebagai berikut 1/1, 3/1, 5/1, 7/1, 9/1 untuk masing-masing ukuran butir zeolit. Campuran diperam, kemudian setiap 2 minggu ditentukan kadar nitrogen dan air hasilnya dibandingkan dengan kontrol yaitu kotoran sapi tanpa dicampur zeolit



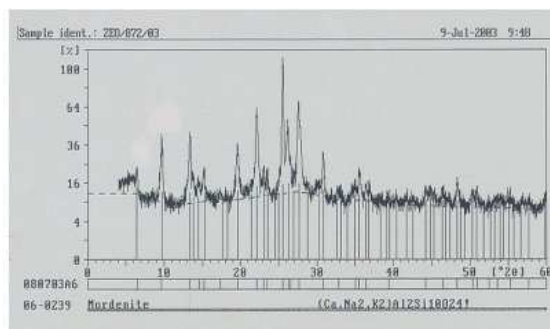
**Gambar 1.** Diagram alir pembuatan pupuk kandang



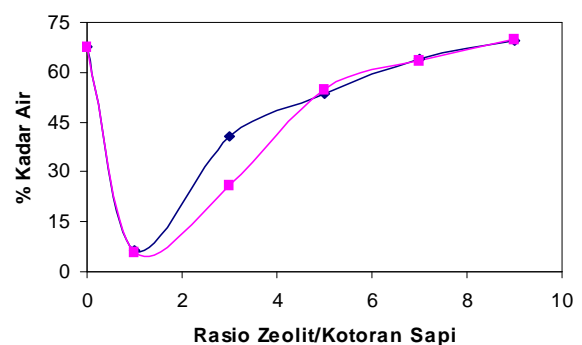
**Gambar 2.** Foto SEM dari zeolite Cikancra Tasikmalaya.

## HASIL dan DISKUSI

Komposisi mineral dari zeolit diidentifikasi dengan XRD (Gambar 3). Terlihat kumpulan puncak yang diidentifikasi sebagai puncak mordenit, puncak klinoptilolit tidak terlihat, padahal biasanya contoh zeolit dari daerah ini selalu mengandung mordenit dan klinoptilolit bersama-sama. Mordenit dan klinoptilolit adalah dua zeolit terbanyak yang banyak ditemukan di Indonesia. Dua mineral tersebut ditemukan bersama dengan berbagai proporsi. Pada umumnya mordenit lebih dominan dari pada klinoptilolit.



**Gambar 3.** Diffraktogram XRD zeolit Cikancra, Tasikmalaya



**Gambar 4.** Hubungan antara kadar air dan perbandingan zeolit-kotoran sapi pada pemeraman 2 minggu

**Tabel 1.** Komposisi kimia zeolit Cikancra, Tasikmalaya

No.	Parameter	% Berat
1.	SiO <sub>2</sub>	67.87
2.	TiO <sub>2</sub>	0.14
3.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.34
4.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.96
5.	MnO <sub>2</sub>	0.004
6.	MgO	0.15
7.	CaO	0.13
8.	Na <sub>2</sub> O	1.65
9.	K <sub>2</sub> O	1.02
10.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09
11.	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	3.83
12.	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.96
13.	Lol	14.66

**Tabel 2.** Kapasitas tukar kation zeolit Cikancra , Tasikmalaya

No.	Ukuran butir (mesh)	KTk (meq/ 100 g)
1.	-7 +10	136.66
2.	-20 +48	142.32

**Tabel 3.** Hasil analisis kadar air pupuk kandang

No.	Pupuk kandang (zeolit/kot.sapi)	Kadar Air (%) berdasarkan lama pemeraman				
		0 mgg	2mgg	4mgg	6mgg	8 mgg
1.	Kontrol	84.09	67.72	10.92	10.16	7.65
2.	1/1 (-7 +10)		6.45	6.75	4.65	3.27
3.	1/3 (-7 +10)		40.76	8.86	4.91	3.74
4.	1/5 (-7 +10)		53.58	8.09	5.48	4.12
5.	1/7 (-7 +10)		63.96	8.85	5.90	4.45
6.	1/9 (-7 +10)		69.74	26.71	5.78	5.09
7.	1/1 (-20 +48)		5.76	5.54	3.89	2.28
8.	1/3 (-20 +48)		26.29	6.36	5.32	4.04
9.	1/5 (-20 +48)		54.77	7.74	5.96	4.40
10.	1/7 (-20 +48)		63.38	7.78	7.06	5.25
11.	1/9 (-20 +48)		69.76	25.4	6.87	5.94

**Tabel 4.** Hasil analisis kadar nitrogen pupuk kandang

No.	Pupuk kandang (zeolit/kot.sapi)	Kadar Nitrogen (%) berdasar lama pemeraman			
		0 mgg	2mgg	4mgg	6mgg
1.	Kontrol	2.49	1.76	1.66	1.95
2.	1/1 (-7 +10)		0.27	0.26	0.39
3.	1/3 (-7 +10)		0.83	0.66	0.63
4.	1/5 (-7 +10)		0.95	0.96	0.95
5.	1/7 (-7 +10)		1.36	1.12	1.48
6.	1/9 (-7 +10)		1.40	1.24	1.34
7.	1/1 (-20 +48)		0.26	0.30	0.35
8.	1/3 (-20 +48)		0.69	0.72	0.79
9.	1/5 (-20 +48)		0.88	0.91	1.07
10.	1/7 (-20 +48)		0.98	1.18	1.32
11.	1/9 (-20 +48)		1.25	1.37	1.56

**Tabel 5.** Hasil Analisis kadar CaO, MgO, K<sub>2</sub>O dan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Pupuk Kandang

No.	Pupuk kandang (zeolit/kot.sapi)	CaO (%)	MgO (%)	K <sub>2</sub> O (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)
1.	Kontrol	1.64	1.00	1.68	1.53
2.	1/1 (-7 +10)	0.27	0.33	1.90	0.17
3.	1/3 (-7 +10)	0.34	0.55	2.09	0.35
4.	1/5 (-7 +10)	0.37	0.56	2.07	0.38
5.	1/7 (-7 +10)	0.33	0.68	2.07	0.61
6.	1/9 (-7 +10)	0.36	0.78	2.07	0.88
7.	1/1 (-20 +48)	0.32	0.45	1.73	0.13
8.	1/3 (-20 +48)	0.67	0.67	2.09	0.33
9.	1/5 (-20 +48)	0.50	0.68	1.99	0.39
10.	1/7 (-20 +48)	0.73	0.77	2.02	0.66
11.	1/9 (-20 +48)	0.85	0.79	1.98	0.65

Keterangan :

Kontrol : Pupuk kandang tanpa zeolit

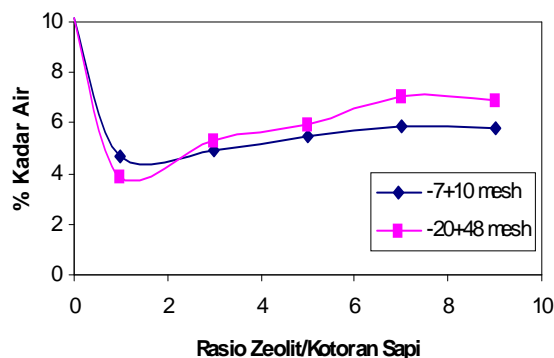
Secara mikroskopis dengan menggunakan SEM yang tertera dalam Gambar 2 ditemukan bahwa zeolit Cikancra mengandung mordenit dan klinoptilolit. Mordenit ditemukan dalam bentuk kristal fibrous (benang), sementara klinoptilolit dalam bentuk kubik. Di dalam analisa XRD yang tertera pada Gambar 3, klinoptilolit tidak teridentifikasi, hal ini dapat terjadi karena kandungan klinoptilolit sangat kecil, dan pada contoh yang dianalisis mineral klinoptilolit tidak terbawa. Hal ini sesuai dengan pendapat bahwa di Indonesia jenis mordenit lebih dominan.

Analisa kualitatif dilakukan dengan menggunakan AAS, hasilnya tertera pada Tabel 1. Silika dan alumina adalah jumlah yang terbesar dari komposisi zeolit, karena diketahui bahwa zeolit mempunyai

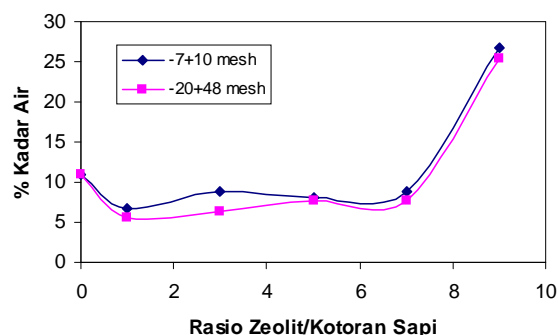
kerangka dasar tetrahedral dari SiO<sub>4</sub>, dimana ion Si<sup>4+</sup> di alam biasanya ditukar dengan ion Al<sup>3+</sup> untuk membentuk tetrahedral AlO<sub>4</sub><sup>-</sup>. Muatan negatif dinetralkan dengan adanya kation alkali, dimana kation tersebut dapat bergerak bebas di dalam struktur dan dapat dipertukarkan. Berdasarkan analisis kimia, natrium merupakan kation yang paling besar. Natrium diketahui sebagai kation utama dalam struktur mordenit maupun klinoptilolit. Unsur lain yang terdapat dalam zeolit adalah kalium, kalsium dan magnesium yang dapat dipertukarkan. Pengotor lain dalam zeolit adalah besi.

Kapasitas tukar kation dari zeolit Cikancra, Tasikmalaya yang tertera pada Tabel 2 adalah sekitar 136.66 meq/100g- 142.32 meq/100g. Ini adalah jumlah kation yang

dapat dipertukarkan oleh zeolit tanpa diaktifasi. Nilai kapasitas tukar kation di atas 100 meq/100g termasuk nilai yang cukup tinggi untuk zeolit, dan ini menandakan bahwa zeolit tersebut mutunya cukup baik. Sifat dari kapasitas tukar kation tersebut dapat digunakan untuk beberapa kegunaan pada bidang pertanian seperti misalnya untuk pencampur pupuk dan sebagai *releasing agent*.

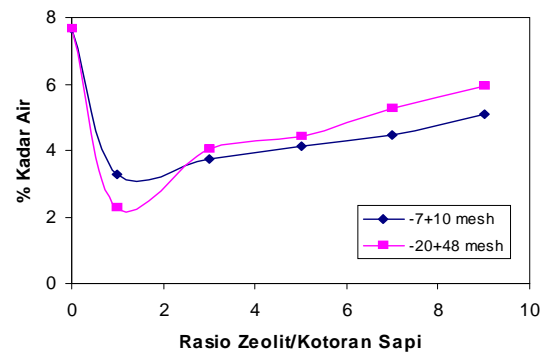


**Gambar 5.** Hubungan antara kadar air dan perbandingan zeolit-kotoran sapi pada pemeraman 4 minggu



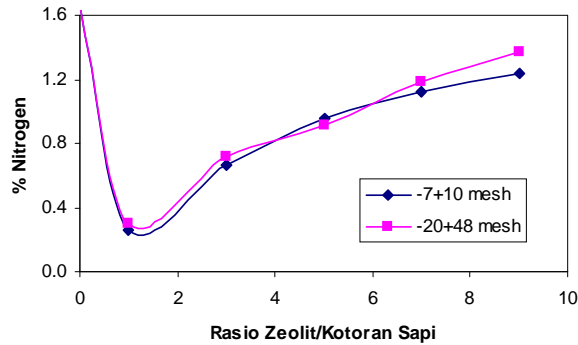
**Gambar 6.** Hubungan antara kadar air dan perbandingan zeolit-kotoran sapi pada pemeraman 6 minggu

Kadar air dalam pupuk kandang selama pemeraman 2 minggu yang tertera pada Tabel 3 dan Gambar 4, di sini terlihat bahwa pupuk kandang yang dicampur dengan zeolit berukuran  $-7 +10$  mesh mempunyai kadar air hampir sama dengan pupuk kandang yang dicampur dengan zeolit berukuran  $-20 +48$  mesh.



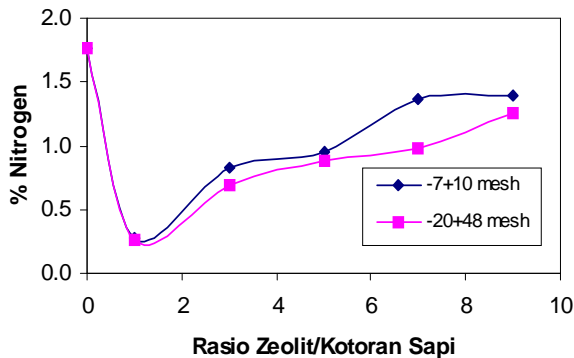
**Gambar 7.** Hubungan antara kadar air dan perbandingan zeolit-kotoran sapi pada pemeraman 8 minggu

Pada pemeraman 4 minggu (Gambar 5), kadar air yang terdapat pada pupuk kandang yang dicampur dengan zeolit berukuran  $-7 +10$  mesh mempunyai kadar air hampir sama dengan pupuk kandang yang dicampur zeolit berukuran  $-20 +48$  mesh. Pada pemeraman 6 minggu (Gambar 6), kadar air yang terdapat pada pupuk kandang yang dicampur dengan zeolit berukuran  $-7 +10$  mesh mempunyai kadar air lebih kecil bila dibandingkan dengan pupuk kandang yang dicampur zeolit berukuran  $-20 +48$  mesh. Pada pemeraman 8 minggu (Gambar 7), kadar air yang terdapat pada pupuk kandang yang dicampur dengan zeolit berukuran  $-7 +10$  mesh mempunyai kadar air lebih besar daripada pupuk kandang yang dicampur zeolit berukuran  $-20 +48$  mesh. Ini berarti bahwa penguapan air lebih cepat dilakukan oleh zeolit yang berukuran lebih besar. Dari data tersebut di atas terlihat untuk perbandingan zeolit dan kotoran sapi 1:1 hanya dalam waktu 2 minggu saja sudah dapat menurunkan kadar air hingga tersisa sekitar 5 – 6%, sedangkan pada kontrol (pupuk kandang tanpa zeolit) masih tersisa sekitar 70%. Setelah 8 minggu, kadar air dari kontrol baru mencapai sekitar 8%. Di sini terlihat dengan jelas bahwa zeolit dapat mengeringkan pupuk kandang dengan cepat. Pengeringan mulai lambat seiring dengan bertambahnya kotoran sapi yang dicampurkan.



**Gambar 8.** Hubungan antara kadar nitrogen dan perbandingan zeolit-kotoran sapi pada pemeraman 2 minggu

Kadar nitrogen dalam pupuk kandang selama pemeraman 2 minggu yang tertera pada Tabel 4 dan Gambar 8. Terlihat bahwa pupuk kandang yang dicampur dengan zeolit berukuran  $-7 +10$  mesh mempunyai kadar nitrogen sedikit lebih besar bila dibandingkan dengan pupuk kandang yang dicampur dengan zeolit berukuran  $-20 +48$  mesh. Ini berarti penguapan  $\text{NH}_3$  lebih cepat dilakukan oleh zeolit dengan ukuran partikel yang lebih kecil.

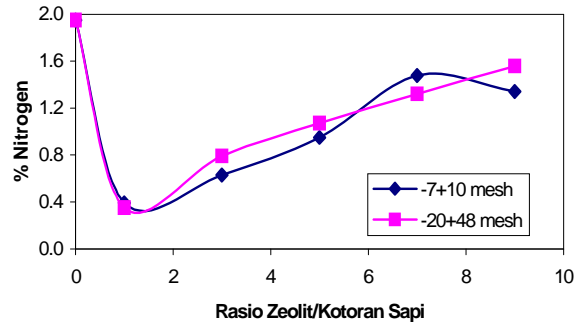


**Gambar 9.** Hubungan antara kadar nitrogen dan perbandingan zeolit-kotoran sapi pada pemeraman 4 minggu

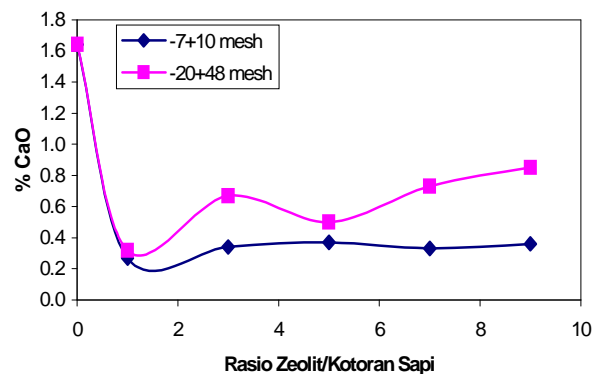
Pada pemeraman 4 minggu (Gambar 9) kadar nitrogen yang terdapat pada pupuk kandang yang dicampur zeolit dengan ukuran  $-7 +10$  mesh hampir sama dengan pupuk kandang yang dicampur zeolit dengan ukuran  $-20 +48$  mesh.

Pada pemeraman 6 minggu (Gambar 10) kadar nitrogen dari pupuk kandang yang dicampur zeolit dengan ukuran  $-20 +48$

mesh lebih besar bila dibandingkan dengan pupuk kandang yang dicampur zeolit dengan ukuran  $-7 +10$  mesh. Ini berarti penguapan  $\text{NH}_3$  lebih cepat terjadi pada zeolit dengan ukuran zeolit  $-7 +10$  mesh.



**Gambar 10.** Hubungan antara kadar nitrogen dan perbandingan zeolit-kotoran sapi pada pemeraman 6 minggu

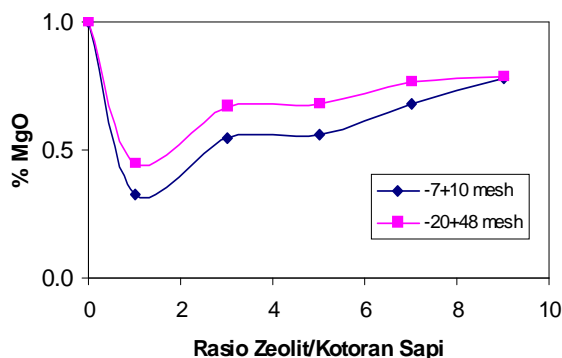


**Gambar 11.** Hubungan antara kadar CaO dan perbandingan zeolit-kotoran sapi

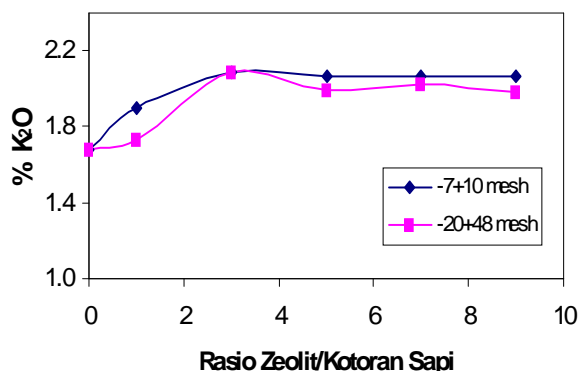
Dari data kadar nitrogen, terlihat bahwa penguapan  $\text{NH}_3$  yang tercepat adalah pada perbandingan zeolit dan kotoran sapi 1:1, kemudian penguapan mulai berkurang seiring dengan bertambahnya jumlah kotoran sapi yang ditambahkan, hal ini ditandai dengan naiknya kadar nitrogen, sehingga kadar nitrogen pada kontrol yaitu pupuk kandang tanpa zeolit memiliki kadar nitrogen yang tertinggi. Diduga yang menyebabkan percepatan penguapan  $\text{NH}_3$  tersebut adalah zeolit. Hal ini dapat diterangkan sebagai berikut, pada hipotesa kerja tertera reaksi :

Urine :  $\text{NH}_4\text{OH} \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$  akan terurai menjadi  $\text{NH}_3$  dan air yang

akan menguap ke udara, dengan ditambahkannya zeolit diharapkan  $\text{NH}_3$  yang akan lepas ke udara dapat ditangkap, tetapi yang terjadi adalah pelepasan  $\text{NH}_3$  dipercepat. Hal ini terjadi karena dengan adanya zeolit penguapan air menjadi jauh lebih cepat, hal mana reaksi tersebut akan bergeser ke kanan dengan cepat yang menyebabkan percepatan pada penguraian  $\text{NH}_3$ .



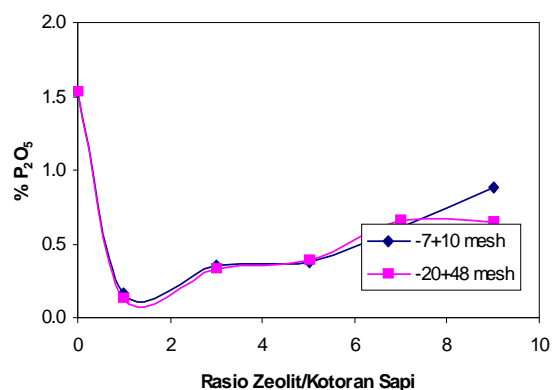
**Gambar 12.** Hubungan antara kadar MgO dan perbandingan zeolit-kotoran sapi



**Gambar 13.** Hubungan antara kadar  $\text{K}_2\text{O}$  dan perbandingan zeolit-kotoran sapi

$\text{NH}_3$  tersebut ditangkap oleh zeolit namun tidak ditahannya melainkan dilepaskan terhadap sistem yang miskin  $\text{NH}_3$  (udara), kemudian mengambil lagi  $\text{NH}_3$  dari sistem yang kaya akan  $\text{NH}_3$  dan melepaskannya lagi sampai kesetimbangan tercapai. Hal ini menyebabkan kadar  $\text{NH}_3$  dalam pupuk berkurang. Ini dilakukan karena zeolit mempunyai sifat reversibel setelah diaktifasi. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa zeolit sebaiknya tidak dipergunakan pada kotoran sapi basah, tetapi dicampurkan dan segera digunakan

pada saat tanam, sehingga pelepasan  $\text{NH}_3$  oleh zeolit akan ditangkap oleh akar tanaman.



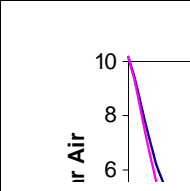
**Gambar 14.** Hubungan antara kadar  $\text{P}_2\text{O}_5$  dan perbandingan zeolit-kotoran sapi

Pada Gambar 11 yaitu hubungan antara kadar  $\text{CaO}$  dengan perbandingan zeolit dan kotoran sapi pada pupuk kandang, terlihat bahwa kadar  $\text{CaO}$  dalam pupuk kandang yang dicampur zeolit lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar  $\text{CaO}$  dari kontrol, hal ini terjadi karena pengenceran dari zeolit. Kadar  $\text{CaO}$  bertambah seiring dengan bertambahnya kotoran sapi yang ditambahkan. Begitupun halnya untuk hubungan kadar MgO (Gambar 12) dan hubungan kadar  $\text{P}_2\text{O}_5$  (gambar 14). Untuk hubungan antara kadar  $\text{K}_2\text{O}$  dengan perbandingan zeolit dan kotoran sapi pada pupuk kandang (Gambar 13) di sini terlihat bahwa kadar  $\text{K}_2\text{O}$  dalam pupuk kandang yang dicampur zeolit lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kadar  $\text{K}_2\text{O}$  pada kontrol. Hal ini disebabkan karena zeolit mengandung kalium yang cukup besar.

## KESIMPULAN

1. Pupuk kandang yang pembuatannya dicampur zeolit mengandung unsur kalium yang lebih tinggi, lebih kering dan tidak berbau. Namun memiliki kadar nitrogen yang lebih rendah.
2. Perbedaan ukuran partikel zeolit tidak begitu berpengaruh pada pupuk yang dihasilkan





3. Sifat zeolit setelah diaktifasi adalah reversibel, yaitu menangkap gas dari sistem yang lebih kaya dan melepaskannya ke sistem yang lebih miskin, hingga terjadi kesetimbangan.
4. Dari hasil di atas zeolit sebaiknya tidak ditambahkan pada waktu kotoran masih basah tetapi ditambahkan pada saat segera digunakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Barrer R.M. (1978) *Zeolites and Clay Minerals as Sorbents and Molecular Sieves*. Academic Press. London.
2. Djadjuli, Apud, *The Report of Zeolite Utilization as a layer of Chicken at Taman Ternak Ragunan, Dki- Jakarta*. Bandung; Pusat Pengembangan Teknologi Mineral, 1990.
3. L.B. Sand and F.A. Mumpton (1978) Natural Zeolite, Occurance Properties, use *Pergamon* 451 – 462.
4. Tsitsishvili, G.V. et.al. *Natural Zeolites* England ; Ellis Horward Limited. 1992. p.295
5. Goto, I., 1990. The Application of Zeolite In Agriculture: Effects of zeolite on soil improvement. *Zeolite*, 7 (3) 8-15.
6. Pusat Pengembangan Teknologi Mineral. 1990. Kegunaan dan Prospek Zeolit di Indonesia. *Laporan Ekonomi Bahan Galian*, No 72.
7. Raymond .W. Miller, Roy L. Donahue, Soils An introduction To Soils And Plant Growth, Sixth edition, *Practice – Hall International Editions*, 251-267 (1990)
8. Suwardi, et al. The quality of Natural Zeolites from japan and Indonesia and Their Application Effects for Soil Amendment. *Jour. Agri. Sci. Tokyo Nogyo Daigaku*, 39 (3), 133-148 (1994)